

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 26 903 A 1

51 Int. Cl. 6:
G 01 P 9/04
G 01 P 15/08
H 01 L 49/00

21 Aktenzeichen: 195 26 903.9
22 Anmeldetag: 22. 7. 95
43 Offenlegungstag: 23. 1. 97

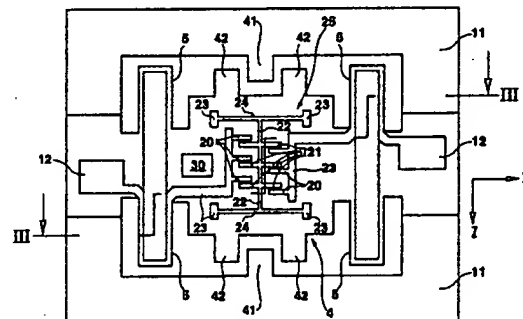
DE 195 26 903 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Kurle, Juergen, 72766 Reutlingen, DE; Weiblen, Kurt,
Ing. (grad.), 72555 Metzingen, DE; Muenzel, Horst,
Dr.-Ing. Dr., 72770 Reutlingen, DE; Baumann,
Helmut, Dipl.-Phys. Dr., 72810 Gomaringen, DE;
Heyers, Klaus, Dr.-Ing. Dr., 72766 Reutlingen, DE;
Lutz, Markus, Dipl.-Ing., 72762 Reutlingen, DE

54 Drehratensensor

57 Es wird ein Drehratensensor vorgeschlagen, bei dem auf einem Schwinger (4) ein Beschleunigungssensor (25) angeordnet ist. Um die Auslenkungen des Schwingers (4) zu begrenzen, sind Anschläge (41, 42) vorgesehen.



DE 195 26 903 A 1

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Drehratensensor nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs.

Aus der DE 19 504 151 ist bereits ein Drehratensensor bekannt, der aus einem mehrschichtigen Substrat aufgebaut ist. Das mehrschichtige Substrat weist eine untere Siliziumschicht und eine obere Siliziumschicht auf, zwischen denen eine isolierende Opferschicht vorgesehen ist. Aus dem mehrschichtigen Substrat ist ein Schwinger herausstrukturiert, der an Schwingbalken aufgehängt ist. Auf dem Schwinger ist ein Beschleunigungssensor vorgesehen, der zur Messung von Coriolisbeschleunigungen, die senkrecht zur Schwingachse auftreten können, geeignet ist.

Aus der EP 539 393 B1 ist bereits ein Drehratensensor bekannt, bei dem Schwinger aus mehrschichtigen Substraten herausstrukturiert werden. Aus dieser Schrift sind auch eine Vielzahl von Anregungsmethoden für derartige Schwinger bekannt, insbesondere durch elektrostatischen Antrieb, elektromagnetischen Antrieb und thermomechanischen Antrieb.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Drehratensensor mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß die Auslenkungen des Schwingers durch Anschläge begrenzt werden und so die Betriebssicherheit und Robustheit des Sensors erhöht wird. Insbesondere wird durch die Verwendung von Anschlägen die Empfindlichkeit des Sensors gegenüber großen Linearbeschleunigungen verringert.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Drehratensensors möglich.

Da der Schwinger parallel zum Substrat besonders leicht ausgelenkt werden kann, werden vorteilhafterweise Parallelanschläge vorgesehen, die derartige Auslenkungen beschränken. Um die Ätzzeiten bei der Herstellung der Sensoren zu verringern, sollte die Dicke der unteren Siliziumschicht unterhalb des Schwingers verringert werden. Um Auslenkungen des Schwingers senkrecht zur Schwingungsrichtung zu begrenzen, sind dann Anschläge vorgesehen, die entweder aus der unteren Siliziumschicht 1 herausstrukturiert sind oder auf einer zusätzlichen Platte vorgesehen werden. Sofern die Dicke der unteren Siliziumschicht 1 von vornherein dünn genug gewählt werden kann, so kann eine Begrenzung der Auslenkung auch durch Montage des Sensors auf einer Platte erzielt werden. Dabei kann der Abstand zwischen Platte und Schwinger besonders einfach durch eine entsprechend dicke Verbindungsschicht eingestellt werden. Durch einen Deckel wird der Drehratensensor vor Verschmutzungen geschützt, und es wird so die Auslenkung des Schwingers nach oben hin begrenzt.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1, 2 und 3 ein Herstellungsverfahren für den Drehratensensor nach dem Stand der Technik, Fig. 3

einen schematischen Querschnitt durch einen fertigen Drehratensensor, Fig. 4 eine Aufsicht auf einen Drehratensensor nach der Fig. 3, Fig. 5 und 6 zwei weitere Ausführungsbeispiele von Drehratensensoren, Fig. 7 und 8 ein weiteres Herstellungsverfahren für einen Drehratensensor und Fig. 9 einen Drehratensensor, der nach dem Verfahren der Fig. 7 und 8 hergestellt ist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In der Fig. 1 wird ein mehrschichtiges Substrat 10 gezeigt, welches eine untere Siliziumschicht 1 und eine obere Siliziumschicht 3 aufweist. Zwischen den beiden Siliziumschichten 1, 3 ist eine isolierende Opferschicht 2 angeordnet. Bei der unteren Siliziumschicht 1 handelt es sich in der Regel um einen Siliziumwafer, auf den eine Opferschicht 2 beispielsweise aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder Glas aufgebracht wird. Darauf wird dann durch Abscheiden aus einem Plasma oder durch Bonden eines weiteren Siliziumwafers eine obere Siliziumschicht 3 erzeugt. Je nach Herstellungsverfahren kann die obere Siliziumschicht 3 aus einem polykristallinen, einkristallinen oder einer Mischung von einkristallinem und polykristallinem Siliziummaterial bestehen. In der Rückseite des mehrschichtigen Substrats 10 kann eine Ausnehmung 7 eingebracht werden, durch die die Dicke der unteren Siliziumschicht 1 bereichsweise verringert wird. Diese Verringerung der Dicke der unteren Siliziumschicht 1 dient dazu, die Ätzzeiten zu verringern, wenn Gräben durch die untere Siliziumschicht 1 hindurch eingebracht werden sollen.

Auf der Oberseite des mehrschichtigen Substrats 10 wird eine erste Ätzmaskierung 8 aufgebracht. Diese erste Ätzmaske 8 enthält die Strukturen für einen Beschleunigungssensor, der weiter unten in den Fig. 3 und 4 beschrieben wird. Es erfolgt dann ein Ätzschritt, mit dem die Strukturen der Ätzmaske 8 in die obere Siliziumschicht 3 eingätzt werden, wobei die dadurch gebildeten Gräben bis zur Opferschicht 2 reichen. Als Material für die erste Ätzmaske 8 kann Photolack oder entsprechend strukturierte Siliziumoxid- oder Siliziumnitridschichten verwendet werden.

In der Fig. 2 wird gezeigt, daß in einem weiteren Schritt eine zweite Ätzmaske 9 aufgebracht wird. Durch diese zweite Ätzmaske 9 werden Strukturen definiert, die dazu genutzt werden, Ätzgräben in das mehrschichtige Substrat 10 einzubringen, die durch die obere Siliziumschicht 3, die Opferschicht 2 und die untere Siliziumschicht 1 reichen. Durch die zuvor eingebrachte Ausnehmung 7 wird die dazu benötigte Ätzzeit verringert. Anschließend wird die Ätzmaskierung 9 wieder entfernt. In einem weiteren Prozessschritt erfolgt dann eine Ätzung der Opferschicht 2. Dieser Ätzschritt der Opferschicht 2 erfolgt isotrop, so daß auch Bereiche der Opferschicht 2 geätzt werden, die zwischen der oberen Siliziumschicht 3 und der unteren Siliziumschicht 1 angeordnet sind, so daß eine Unterätzung der in der oberen Siliziumschicht 3 eingebrachten Strukturen erfolgt. Die Ätzung wird jedoch nur für eine kurze Zeit durchgeführt, so daß nur Strukturen mit geringen lateralen Ausdehnungen vollständig unterätzt werden.

Die Fig. 3 zeigt das mehrschichtige Substrat 10 nach dem Ätzen der Opferschicht 2. Durch das Herstellungsverfahren ist nun ein Sensorelement mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Bereichen hergestellt worden. Der Rahmen 11 weist noch die ursprüngliche Dicke der Schichten 3, 2 und 1 auf und ist besonders gut zur Halterung des Sensors geeignet.

Weiterhin sind Schwingbalken 5 geschaffen, deren Abmessungen in X-Richtung relativ gering sind gegenüber den Abmessungen in Y-Richtung. Die Schwingbalken 5 lassen sich daher in X-Richtung besonders leicht auslenken, während sie hingegen in Y-Richtung vergleichsweise steif sind. Weiterhin ist der obere Bereich der Schwingbalken 5, der aus der oberen Siliziumschicht 3 herausgebildet wurde, mechanisch fest, jedoch isolierend durch die Opferschicht 2 mit dem unteren Teil, der aus der unteren Schicht 1 herausstrukturiert wurde, verbunden.

Weiterhin ist ein Schwinger 4 herausstrukturiert, der durch die Schwingbalken 5 mit dem Rahmen 11 verbunden ist. Der Schwinger 4 weist eine untere Platte 14 auf, die aus der ersten Siliziumschicht 1 herausstrukturiert ist. Die obere Siliziumschicht 3 des Schwingers 4 weist Verankerungen 23 auf, die durch die isolierende Opferschicht 2 fest mit der unteren Platte 14 des Schwingers verbunden ist.

Weiterhin ist aus der oberen Siliziumschicht 3 des Schwingers 4 ein beweglicher Zentralbalken 22 bzw. bewegliche Elektroden 21 herausstrukturiert, die in der Aufsicht nach der Fig. 4 zu erkennen sind. Der Zentralbalken 22 ist an Biegefedern 24 aufgehängt, die wiederum an Verankerungen 23 befestigt sind. Die Biegefedern 24 sind in Z-Richtung relativ schmal ausgestaltet, so daß der Zentralbalken 22 und die beweglichen Elektroden 21 durch eine Beschleunigung in Z-Richtung verschiebbar sind. Dadurch ändert sich die Kapazität zwischen den beweglichen Elektroden 21 und feststehenden Elektroden 20, die durch Verankerungen 23 starr mit der unteren Platte 14 des Schwingers 4 verbunden sind. Die Verankerungen 23, die Biegefedern 24 der Zentralbalken 22, die beweglichen Elektroden 21 und die feststehenden Elektroden 20 bilden somit einen Beschleunigungssensor 25, der Beschleunigungen in Z-Richtungen mißt.

Wie in der Fig. 4 zu erkennen ist, sind die Verankerungen 23 derart aus der oberen Siliziumschicht 3 des Schwingers 4 herausstrukturiert, daß die Verankerungen 23 bzw. Gruppen von Verankerungen 23 gegeneinander elektrisch isoliert sind. Es ist eine Gruppe von Verankerungen 23 zur Aufhängung der Biegefedern 24 vorgesehen. Weiterhin sind zwei Verankerungen 23 für feststehende Elektroden 20 vorgesehen, die jeweils gegeneinander isoliert sind. Wie in der Fig. 3 gezeigt wird, sind diese Verankerungen 23 mit der oberen Siliziumschicht 3 der Schwinger 5 unmittelbar verbunden, so daß ein elektrisches Signal der feststehenden Elektroden 20 über die Schwingbalken 5 auf den Rahmen 11 geführt werden kann. Auf dem Rahmen 11 sind aus der oberen Siliziumschicht 3 Kontaktbereiche 12 herausstrukturiert, die mit der oberen Siliziumschicht 3 der Schwingbalken 5 verbunden sind. An den Kontaktbereichen 12 kann somit ein elektrisches Signal abgegriffen werden, welches an den feststehenden Elektroden 20 auftritt. Durch diesen Aufbau ist es somit möglich, eine Kapazitätsänderung an den Plattenkondensatoren des Beschleunigungssensors 25 zu messen. In der Fig. 4 ist nur die Kontaktierung der feststehenden Elektroden 20 gezeigt. In gleicher Weise erfolgt natürlich auch eine Kontaktierung der Verankerungen 23 der Biegebalken 24, wodurch ein elektrisches Signal von den beweglichen Elektroden 21 abgreifbar wird. Aus Gründen einer übersichtlichen Darstellung wurde dies jedoch in der Fig. 4 nicht zeichnerisch dargestellt.

Die Fig. 3 zeigt einen Prinzipquerschnitt des Sensors entlang der Linie III-III. Dabei sind jedoch die einzelnen

Abmessungen nicht proportional zueinander angegeben, beispielsweise wurde die Breite der in Fig. 3 gezeigten Verankerungsbereiche 23 stark verkürzt.

Der Sensor nach den Fig. 3 und 4 entspricht im wesentlichen dem Sensor, wie er bereits aus der deutschen Patentanmeldung 19 504 151 bekannt ist.

Zum Betrieb des in den Fig. 3 und 4 gezeigten Drehratensensors wird der Schwinger 4 in Schwingungen in X-Richtungen versetzt. Antriebsmittel für derartige Schwingungen sind beispielsweise aus dem europäischen Patent EP 539 393 bekannt. Nur als Beispiel wird in der Fig. 4 auf dem Schwinger 4 ein aufgebracht Bereich 30 eines magnetischen Materials gezeigt. Durch ein äußeres Magnetfeld, dessen Stärke zeitlich variiert, kann so der Schwinger 4 zu Schwingungen angeregt werden.

Im Betrieb wird der Schwinger 4 zu Schwingungen in der X-Richtung angeregt. Erfolgt dann eine Drehung um die Y-Achse, so wird in Z-Richtung eine Coriolisbeschleunigung erzeugt. Diese Coriolisbeschleunigung wird durch den Beschleunigungssensor 25 nachgewiesen und ist ein Maß für die Drehung um die Y-Achse.

Der Schwinger 4 ist in X-Richtung sehr weich aufgehängt, so daß er durch externe lineare Beschleunigungen sehr leicht in X-Richtung ausgelenkt werden kann. Wenn diese Beschleunigungen in X-Richtung sehr groß werden, kann es so zu einer Zerstörung des Sensors kommen, indem die mechanische Festigkeit der Schwingbalken 5 überschritten wird. Um dies zu verhindern, sind Parallelanschläge 41 und 42 aus dem Rahmen 11 und aus dem Schwinger 4 herausstrukturiert. Die Anschläge 41 und 42 werden als Parallelanschläge bezeichnet, da sie die Auslenkung des Schwingers 4 parallel zu den einzelnen Siliziumschichten begrenzt. In der Fig. 4 sind die Anschläge 42 des Schwingers durch eine entsprechende Formgebung der unteren Platte 14 gebildet, d. h. die Anschläge 42 sind nur aus der unteren Schicht 1 herausstrukturiert. Der Anschlag 41 des Rahmens 11 ist sowohl aus der unteren Siliziumschicht 1 wie auch aus der oberen Siliziumschicht 3 herausstrukturiert. Im vorliegenden Fall weist der Rahmen 11 nur einen Anschlag 41 auf, der zwischen zwei Anschlägen 42 des Schwingers 4 angeordnet ist. Alternativ ist es natürlich auch möglich, beliebige Mehrfachanordnungen von Anschlägen 41, 42 vorzusehen.

In der Fig. 5 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Drehratensensors gezeigt, welches bis auf die Ausgestaltung der Anschläge dem bereits aus der Fig. 3 bekannten Drehratensensor entspricht. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Gegenstände wie bei den Fig. 3 und 4. Im Unterschied zur Fig. 3 ist jedoch am Schwinger 4 ein unterer Anschlag 43 vorgesehen, durch den die Auslenkung des Schwingers 4 in negativer Y-Richtung begrenzt wird. Der Rahmen 11 des Drehratensensors ist über eine Verbindungsschicht 33 mit einer Trägerplatte 32 verbunden. Bei einer derartigen Trägerplatte kann es sich beispielsweise wieder um Silizium, Glas oder andere Materialien handeln. Aufgrund des geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wird jedoch Silizium bevorzugt. Als Material für die Verbindungsschicht eignet sich Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Glas, Klebstoff oder ein Lot. Der untere Anschlag 43 wird dadurch erzeugt, daß die Ausnehmung 7 im wesentlichen nur unterhalb der Biegebalken 5 vorgesehen wird, so daß der Anschlag 43 in Verbindung mit der unteren Platte 14 des Schwingers 4 zusammen die Dicke der ursprünglichen unteren Siliziumschicht 1 aufweist. Der Abstand zwischen dem un-

teren Anschlag 43 und der Trägerplatte 42 kann so durch die Wahl einer entsprechenden Dicke der Verbindungsschicht 33 eingestellt werden oder durch ein definiertes lokales Rückätzen des unteren Anschlags. Die Auslenkung des Schwingers 4 in Y-Richtung wird hier durch einen Deckel 31 beschränkt. Dieser Deckel 31 kann aus einer Vielzahl von Materialien, beispielsweise Keramik oder Metall bestehen, jedoch wird aufgrund des angepaßten Ausdehnungskoeffizienten wieder Silizium bevorzugt.

Weiterhin ist vorteilhaft, daß durch den Deckel 31 und die untere Trägerplatte 32 ein hermetischer Hohlraum geschaffen wird, indem der Drehratensensor versiegelt ist. Das Sensorelement wird auf diese Weise besonders gut vor störenden und schädlichen Umwelteinflüssen geschützt.

In der Fig. 6 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Drehratensensors gezeigt, welches im wesentlichen mit der Fig. 5 übereinstimmt. Im Unterschied zur Fig. 5 ist jedoch der untere Anschlag 43 aus der Trägerplatte 32 herausstrukturiert bzw. auf die Trägerplatte 32 aufgebracht. Bei dieser Ausgestaltung kann der Abstand zwischen Schwinger 4 und unterem Anschlag 43 unabhängig von der Dicke der Verbindungsschicht 33 gewählt werden. Dabei müssen jedoch sehr genaue Fertigungstoleranzen der Höhe des unteren Anschlags 43 eingehalten werden.

In den Fig. 7 und 8 wird ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Drehratensensoren mit Anschlägen beschrieben. Dieses Verfahren geht aus von einem Siliziumwafer 50, auf dem eine dielektrische Isolationsschicht 51 und darauf eine Siliziumschicht 1 aufgebracht ist. Derartige Siliziumwafer sind als sogenannte SOI-Wafer zur Herstellung von dielektrisch isolierten Schaltkreisen erhältlich. Die Siliziumschicht 1 dient dann als untere Siliziumschicht für die Herstellung eines Drehratensensors. Durch Abscheiden oder thermische Oxidation wird dann auf der Oberseite der Siliziumschicht 1 eine dielektrische Isolationsschicht 2 erzeugt. Durch Abscheiden wird dann eine polykristalline Siliziumschicht 3 abgeschieden. Der Siliziumwafer 50 weist typischerweise eine Dicke von einigen 100 µm auf. Die dielektrische Isolationsschicht 51 hat typischerweise eine Dicke zwischen 0,5 bis 2 µm, die Siliziumschicht 1 eine Dicke zwischen 50 bis 100 µm, die dielektrische Opferschicht 2 typischerweise eine Dicke zwischen 0,5 und 2 µm, und die obere Siliziumschicht 3 hat typischerweise eine Dicke zwischen 10 und 50 µm. Ausgehend von der Rückseite werden Ausnehmungen 60 in den Siliziumwafer 50 eingätzt, die bis zur dielektrischen Schicht 51 reichen. In der Fig. 7 werden zwei Ausnehmungen 60 gezeigt, zwischen denen ein Block 61 angeordnet ist. Dem Fachmann ist klar, daß eine beliebige Anzahl von Ausnehmungen 60 verwendet werden kann, beispielsweise kann auch nur eine große Ausnehmung 60 vorgesehen werden, so daß Block 62 entfällt. Anschließend erfolgt ein isotroper Ätzschritt, bei dem die Isolationsschicht 51 geätzt wird. Aufgrund der Isotropie erfolgt dabei auch seitlich eine kontrollierte Unterätzung, deren Größe durch die Ätzrate und die Ätzzeit kontrolliert wird. In den oberen Schichten 1, 2, 3 kann nun, wie bereits zu den Fig. 1 bis beschrieben wurde, ein Herstellungsverfahren für einen Drehratensensor durchgeführt werden. Da die Dicke der Siliziumschicht 1 bereits vorher in dem gewünschten Maß gewählt werden kann, kann dabei jedoch das Einbringen einer Ausnehmung 7 in die Rückseite der unteren Siliziumschicht 1 entfallen. Durch den weiteren Siliziumwafer 50 wird zudem die Stabilität des

Drehratensensors erhöht, so daß auch der Rahmen 11 dünner ausgestaltet werden kann. Durch den Siliziumwafer 50 wird dabei ein unterer Anschlag gebildet.

Sofern es erwünscht ist, daß die Dicke der unteren Siliziumschicht 1 im Bereich des Schwingers noch verringert wird, so kann dies ebenfalls erfolgen. Dies wird in der Fig. 8 gezeigt. Die Ätzung der unteren Siliziumschicht 1 erfolgt hier jedoch durch einen isotropen Ätzprozeß, bei dem das Ätzmedium durch die Ausnehmungen 60 zugeführt wird. Auch bei derartigen isotropen Ätzprozessen läßt sich die Restdicke der unteren Siliziumschicht 1 mit hoher Präzision einstellen.

In der Fig. 9 wird ein schematischer Querschnitt durch einen Drehratensensor gezeigt, der ausgehend von der Fig. 8 mit den aus den Fig. 1 bis 4 bekannten Fertigungsschritten hergestellt wurde. Die Auslenkung des Schwingers 4 nach unten wird nun durch die untere Siliziumplatte 50 beschränkt. Die Auslenkung des Schwingers nach oben wird durch den Deckel 31 beschränkt.

Patentansprüche

1. Drehratensensor aus einem mehrschichtigen Substrat, bei dem auf einer unteren Siliziumschicht (1) eine isolierende Opferschicht (2) und darauf eine obere Siliziumschicht (3) aufgebracht sind, wobei aus dem mehrschichtigen Substrat (10) ein Schwinger (4), der an Schwingbalken (5) aufgehängt ist, herausstrukturiert ist, wobei Mittel zur Anregung des Schwingers (4) zu Schwingungen in einer ersten Richtung vorgesehen sind, und wobei auf dem Schwinger (4) ein Beschleunigungssensor (25) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem mehrschichtigen Substrat (10) Anschläge (41, 42, 43) herausstrukturiert sind, die eine Auslenkung des Schwingers (4) begrenzen.
2. Drehratensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwinger (4) parallel zum mehrschichtigen Substrat (10) schwingt, daß der Schwinger (4) von einem Rahmen (11) umgeben ist, und daß die Anschläge als Parallelanschläge (41, 42) am Rahmen (11) und am Schwinger (4) derart vorgesehen sind, daß die Auslenkungen des Schwingers (4) parallel zum Substrat (10) beschränkt werden.
3. Drehratensensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß unter dem Schwinger (4) die Dicke der unteren Siliziumschicht (1) verringert ist, und daß ein unterer Anschlag (43) vorgesehen ist, durch den die Auslenkung des Schwingers (4) senkrecht zur Schwingungsrichtung beschränkt wird.
4. Drehratensensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Anschlag (43) aus der unteren Schicht (1) herausstrukturiert ist.
5. Drehratensensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die untere Schicht (1) des Rahmens (11) auf einer weiteren Platte (32, 50) befestigt ist.
6. Drehratensensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Platte als Trägerplatte (32) ausgebildet ist, die einen unteren Anschlag (43) aufweist.
7. Drehratensensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Platte durch einen Siliziumwafer (50) gebildet wird, in dem mindestens eine Ausnehmung (60) eingätzt ist.



8. Drehratensensor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwinger (4) eine untere Platte (14) in der Dicke der ersten Schicht (1) aufweist, daß der Rahmen (11) mit seiner unteren Schicht (1) durch eine Isolationsschicht (51) mit einem Siliziumwafer (50) verbunden ist und daß die Isolationsschicht (51) unterhalb des Schwingers (4) und der Biegebalken (5) entfernt ist.

9. Drehratensensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberseite des Rahmens (11) ein Deckel (31) vorgesehen ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

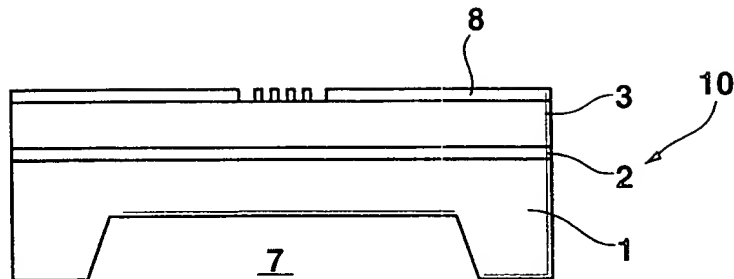


Fig. 2

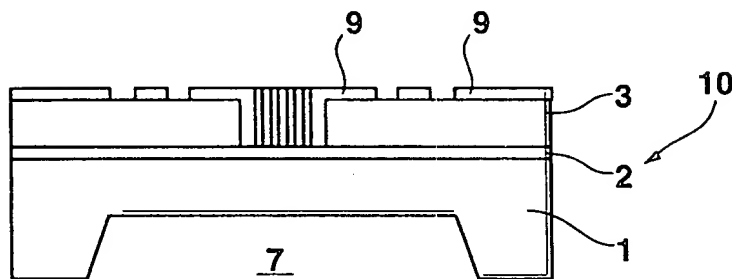


Fig. 3

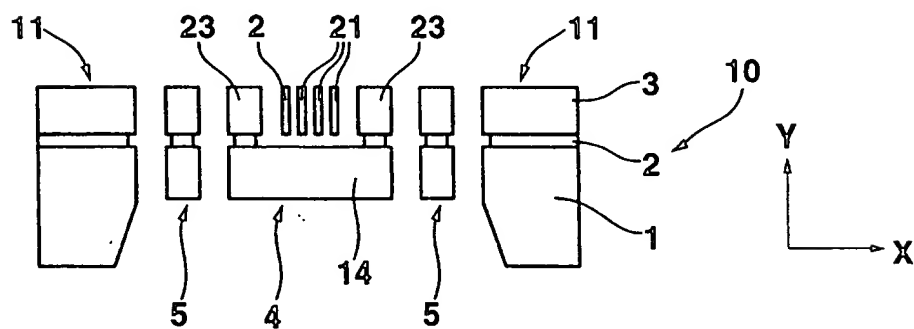


Fig. 4

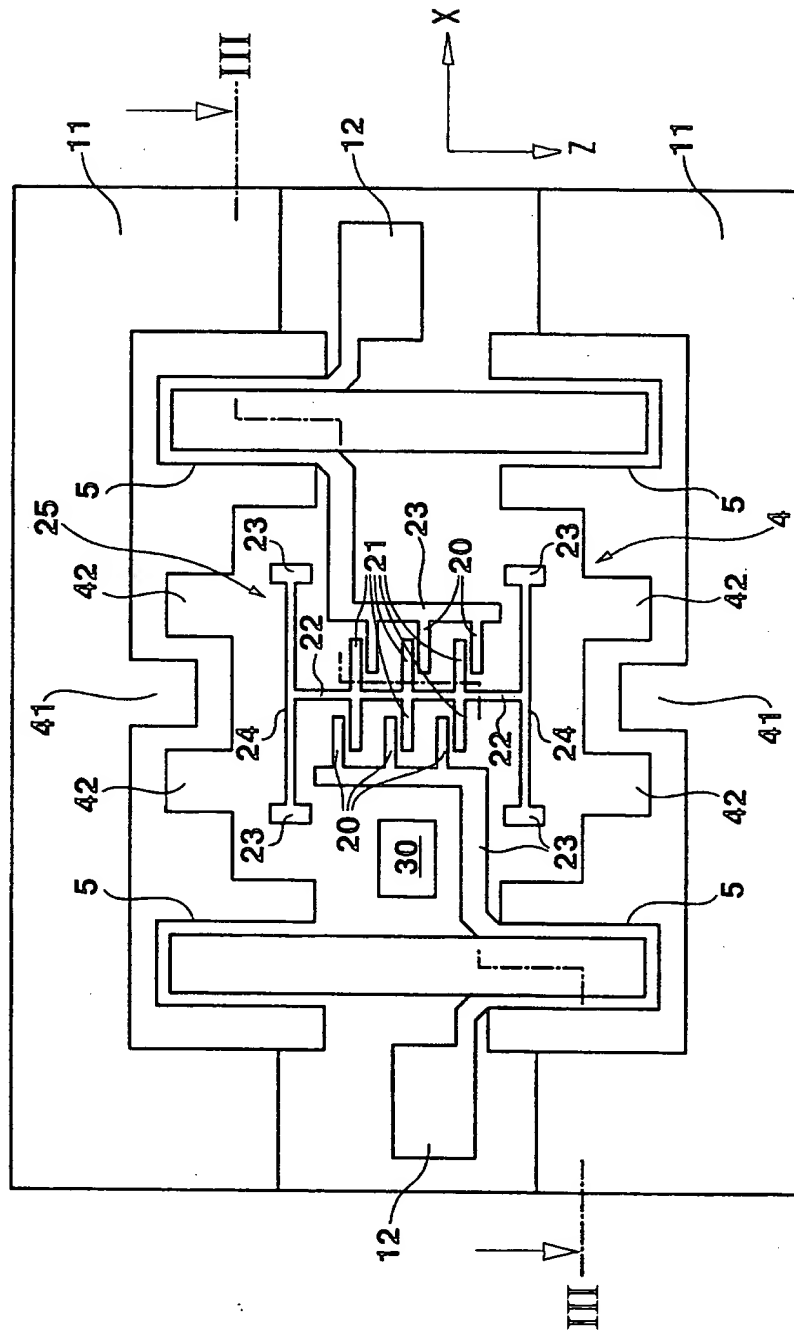


Fig. 5

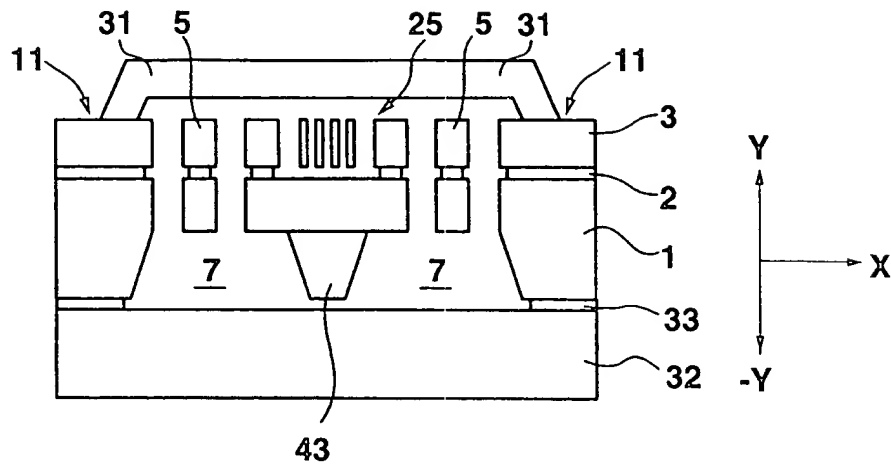


Fig. 6

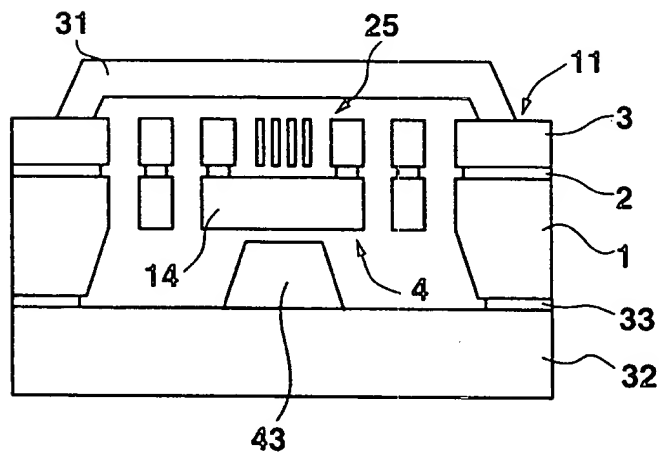


Fig. 7

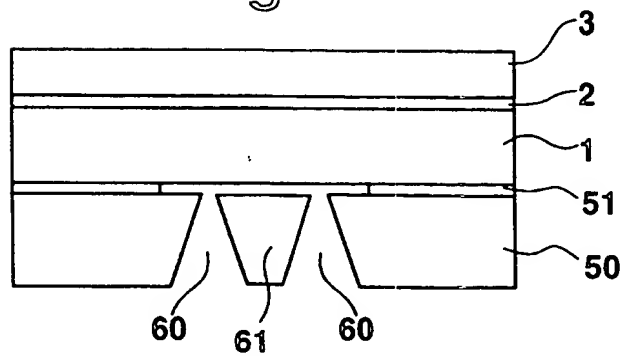


Fig. 8

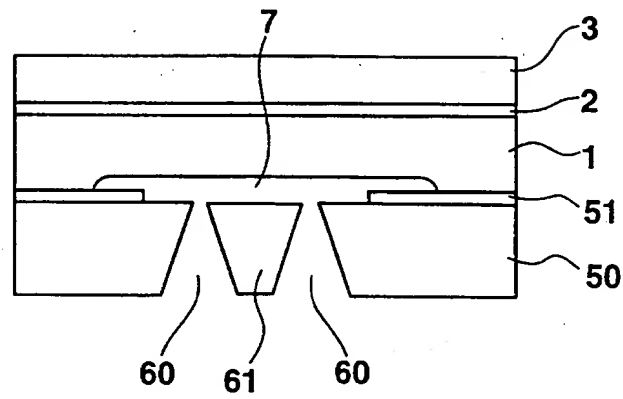


Fig. 9

